

理 科

—— 子どものかわり方と発見の過程の見なおし ——

1 発見の過程の見なおしとは

わたしたちのこれまでの歩みは、発見学習の原理と、基本過程に沿った学習のあり方を理解することに重きをおいてきた。それは、どちらかといえば教師側の指導条件にかかわることが多く、発見学習とは何かを求めてきたともいえる。発見学習を構成するには、まず発見の対象を明らかにし、ついで発見の対象に迫らせる学習過程をきめる手順をふむ。けれども、これらの手順は児童の実態をふまえてはいるが、主として教師側からみた授業の設計であったといえよう。

わたしたちは、このような研究の歩みからみて、これからの研究の方向と考えたのは「小学校におけるほんとうの意味の発見による学習」をめざす実践的研究の必要性である。実践的研究とは、これまでの理論的・形式的な側面の強調に対し、児童のかわり方をとらえ児童が動的に、そして主体的に取り組むことのできる授業過程を求めていこうとするものである。

こうした研究は、望ましい発見の過程を明らかにしていくことに通じるものであるという考えにたち、次の四つの視点をもって本年度の研究をすすめた。

1 発見の対象とその認知

授業には、スタートは活動的で意識の盛り上がりが見られるが、中ほどから停滞が目立ち、ついには沈滞しまった児童を教師の一方的なリードで引きずる場面がよくある。こうした授業は、いかに発見の過程に沿った授業設計であるといっても、およそ発見による学習とはいえない。しかも、しゃにむに教師がけん引しなければならない授業では、発見の対象をはたして認知したかどうか疑問が残る。

発見の過程とは、個別な事実や知識を学習者がみずからの力で体系づけ構造化して、発見の対象である法則や規則性を認知していくことである。授業は、ひとりひとりの児童の変容を期待して行なうものであり、そのときの児童のかわり方によって授業の良し悪しがきめられる。わたしたちは、児童のかわり方をとらえる物さしとして「発見の対象の構造的なとらえ方」を想定してみた。

わたしたちがこれまで主張してきた発見の対象は、基本概念に迫る原理・法則・法則性といえるもので、その教材の中核になる知識である。発見の対象に対するわたしたちの考え方はこれまでと変わらない。けれども、原理・法則・法則性は、学問の側からみた、いわば静的な客体であって、児童がそれをどう認知したかという学習者自体のとらえ方ではない。つまり、児童が発見の対象をどのように構造化してとらえるかといった面に光を当てていなかったのである。静的な客体としての発見の対象と、それを認知するための構造的な把握は異質のものではなく、表裏の関係にある。

児童の認知のしかたは、原理・法則の単なる記憶ではなく、動的でしかも個性をもつ、わたしたちはこれからの研究の中で、発見の対象として設定された法則や概念を、どのように構造的にとらえさせるかを想定し、その到達度を評価することによって、授業における児童のかわり方と過程の因果を見なおしていこうとした。

2 児童のわかり方をとらえる

これまでの授業設計は、教師がどんな情報をどんなメディアによって、どう与えるかといった教師の側からみたものが多かった。ところが授業は、児童の変容を期待して行なわれるものであり、授業によって児童の思考のシエマがどう変化し発展していくのかといった児童の側からみた攻めが必要になってくる。

授業過程の構成や、さらに評価にかかわることであるが、授業を単に表面的相互作用としてとらえるだけでなく、児童の認知のしかたに光を当てて発見の過程を見なおしてみたい、授業が形成されるには、その中に次のような三つのモデルを考えることができる。（スミサー、アメリカ）

1. 独立変数（教師の言語・動作・表情など）
2. 従属変数（児童の言語・動作・表情など）
3. 仲介変数（記憶・信念・欲求・推論・連合メカニズム）

授業はふつう、1 → 3 → 2 と進行するのであるが、肝心の3が明らかにされていないのが現状である。1と2は外に現れるのでとらえやすいが、3は内面的・潜在的でつかみにくい。視点の1で述べたように児童の変わり方とは具体的には3の変数をさすもので、この変数の追求が過程の見直しの中で最も大きなウェートを占めると考える。（注1）

そこで、授業の設計・実施・結果の評価にあたって、1（教師）・2（児童）と3（思考過程）の因果をみさわめていく方向を持ちたいと思う。しかし、思考過程や変容させた因子を洗い出すことは至難のことである。そのためわたしたちの現段階における研究は模索に終わるかもしれないが、いくつかの試みを出してみたい。

3 集中的・効果的な発見学習

発見学習は、形式的になったり固定化してしまえば、ほんとうの意味の発見による学習とはいえなくなる。児童が生き生きと活動し、学習したことへの喜び、科学研究の方法の会得、新しい概念の主體的な獲得といった発見学習の本来のねらいに近づけるために、どのような教材で、どの場面に、ど

のような方法で行なえばよいのか、さらに吟味を加えてみる必要がある。理科の教材は他教科にくらべ探究の過程をたどらせやすいことは事実である。しかし、どの教材も、どの時間も発見学習の過程が最適だとは思えなくなった。もっと集中的に（1単元のある部分・数単元のうち1単元）そして、効果的に発見学習を行なうことの可否を検討してみたい。

4 授業の設計・実施・評価の一貫した流れの中で

わたしたちの今年度の研究の主体は授業分析におかれた。授業分析はいいかえれば過程の評価である。理科の主題にあげたように、わたしたちの今年度の研究は発見の過程を見なおして、どのような授業過程が、その教材にとって、その児童にとって最適なのかを一つでも明らかにしてみたいという発想である。したがって過程の評価は、児童の評定も含むけれども、いわゆる成績の評定ではなく最適な授業過程を求めるねらいをもって行なうのである。

このようなねらいをもつ評価は、独立して計画されたり実施できるものではなく、授業の設計と不離一体の関係にあり、データの分析結果はただちに授業設計へフィードバックされ、改善のための有力な武器として使われていかなければならない。

以上、4つの視点をあげその概要を述べてきた。これらの視点を実証するためにどんな教材を選ぶかを考えてきたが、今年度は、直接さわってわかるとか、目で見て確かめられる教材より、類推や推論が大きな役割を占める教材が主題の追求に適切だと考えた。授業分析を行なったのは次の教材である。

3年	磁石のせいしつ	ほうさんのとけかた	豆電球のつなぎ方
4年	食塩のとけかた	てんびん	三態変化
5年	てこ		
6年	金属の変化	（研究事例として次節に掲載） 火の燃え方	

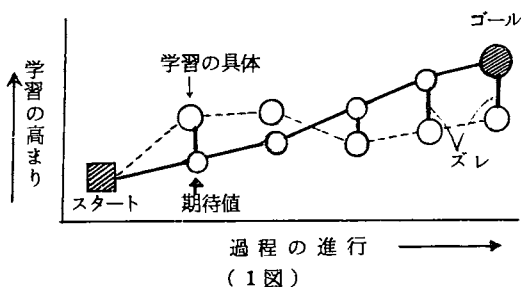
2 授業研究の観点と方法

授業分析のねらいは、視点4で述べたように、児童のわかっていく過程を軸にして、児童の思考のシマやモチベーションが授業の中で、どう考えられて発展をもたらすか（あるいは逆に）、またそのように変わったり、発展をもたらしたのは、どの時点でどういう内容の入力があったからかなどを分析し、設計のしかたを評価し発見の過程の見なおしをすることである。（注2）

また、授業分析のもう一つの立場は、設計段階と実施段階におけるズレを見つけ出すことである。授業には、教師の期待する思考の深まりや、意図した教師・児童の活動の量や形態がある。授業設計は、これらの要素をシステム化することであるが、実施段階は動的でしかもあるリズムをもって流れを構成する。したがって設計と実施の各段階にズレがでてくる。そのズレは時によってはプラスの方向に、時にはマイナス面が大きくなったりする。授業分析は、こうしたズレ（外にあらわれたもの）

と、ズレを起こさせた要因の洗い出しの二面からなされなければならない。このことを簡便な図で表わすと1図のように見ることができる。

授業設計で、教師はその授業の期待値をえがく、そして、その期待値が達成されるための手だてがなされるのが指導である。ところが、児童の能力・思考の飛躍・提示した情報やつかわれたメディアの質などの条件によって心ずしもその通りの学習にならない。つまり、それぞれの段階でズレを生ずるのであり、ズレの大小・ズレの質・ズレの原因を明らかにすることが授業分析のねらいなのである。次にわたしたちが行なった方法のあらましを述べてみる。具体的には次節の研究事例を参照されたい。



1 授業の設計

児童が学習していくしくみは、単純（個別な事実・知識）→ 関係 → 複雑（事象の構造的把握）へと思考のシマ（枠）を拡げ深めていくことである。授業は、そのような思考のシマの拡大、深化をねらって設計され実施されるものであり、その評価結果は、授業設計のしかた、学習過程における指導のしかたへフィードバックされ、過程を見なおすデータとなる。

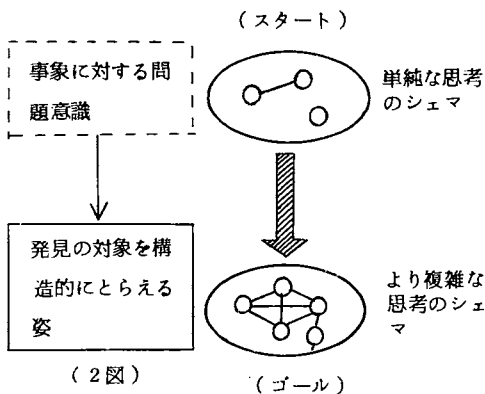
次に、わたしたちが行なった授業設計の方法について述べるが、全体編のP・8にある理科の例と共通するので詳しくはその頁を参照されたい。

① 授業のスタートとゴールを明らかにする

ゴールは、目標分析の結果得られた最終目標である。さきに発見の対象を児童がどのように認知するか確かめていくことによって静的な知識の構造を動的にとらえさせる方向が見出させるといつてきた。目標分析では、教材の核になっている法則や規則性を、どのような形で認識させたらよいか吟味を加え、その結果最終目標としておさえたのである。

授業は、ゴールに向かって、どのように歩ませるかを組織化したものであるが、どこを出発点とするかによって、その様相が変わってくる。出発点は、児童が現在立っているところであり、児童がもっている思考の枠を見定めることによって求められる。

この関係を表わしたのが2図である。この仕事は、授業過程を考えるときに、まず行なわれるもので、授業設計のたいせつな手順であるとともに、授業によ



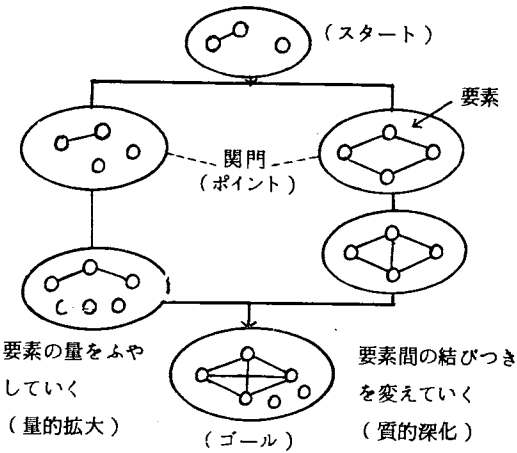
て児童がどのようにかわったかを評価する物さしとなっていくものであろう。つまり、どれだけの児童が最終目標に到達したか。またそれが具体的にはどんな形になって現われるかといった評価の視点に直接に結びつくものである。

② 思考のルート进行想定する

スタートとゴールがきめられても、その間をどのように歩むかは、ひとりひとりの児童によって異なるはずである。しかし、多様な歩み方はあるにしても、そこにはいくつかのルートが想定され、想定できるルートを授業過程の中で、どのように位置づけるかがたいせつな仕事になる。

また、この段階で考えたいことは、児童に通過させたい思考の関門を設定することである。

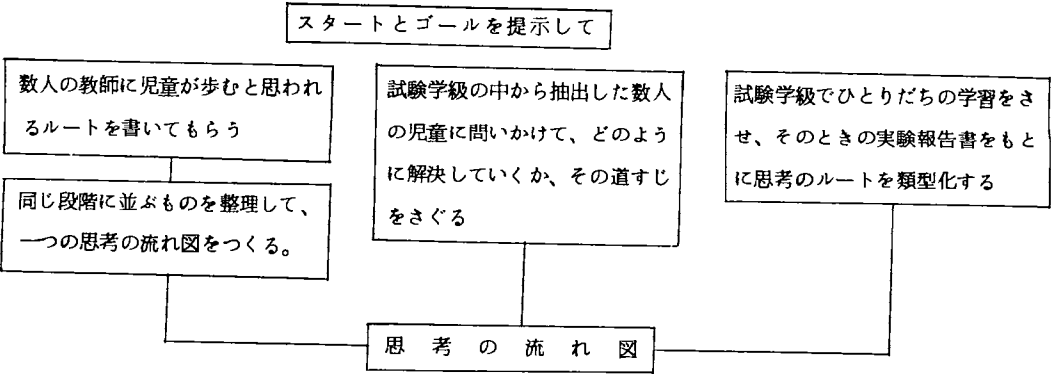
思考の関門とは、3図で表わしたように、要素（情報——個別な事実・知識）を量的に獲得させるときと、質的に深化させるときと二つの面がある。学習中、これらの二つの面がたえずかわりあって思考のシマを深化させていくのである。教師が想定する思考の関門は、思考過程の核にあたるところで、どこで結びつきをさせ、どこで量的に拡大させるかという授業過程のポイントをおさえることである。これを、わたしたちは授業の期待値と仮に呼んでいる。



(3図) 思考のルートとその関門 (注4)

③ 思考の流れ図をつくる

授業の期待値をきめる仕事は、いわば教師側からみた授業設計である。ゴールに向かってのいくつかのルートは教師の想定であって、そこには児童の実態が加味されていない。といっても、この想定は、教師の児童観と経験をもとにしたもので児童不在ではない。けれども、さらに客観性のあるち密な授業設計を行なうために、次のような手順で思考の流れ図を作ってきた。



このようにして作られた思考の流れ図は、1 時限の授業過程を構成するときの中心的役割をもつ。それは、過程の中で特に思考の関門に当たるところで、どこにつまづき、どんなことが抵抗になるのかどのような能力がなければ通過できないのか――、といった学習過程を構成するための因子の洗い出し。さらに、それらを克服して授業の期待値に迫らせる指導の手だて、それにともなって現われる教師と児童の活動の形態など、児童の側にたった授業設計が可能になる。

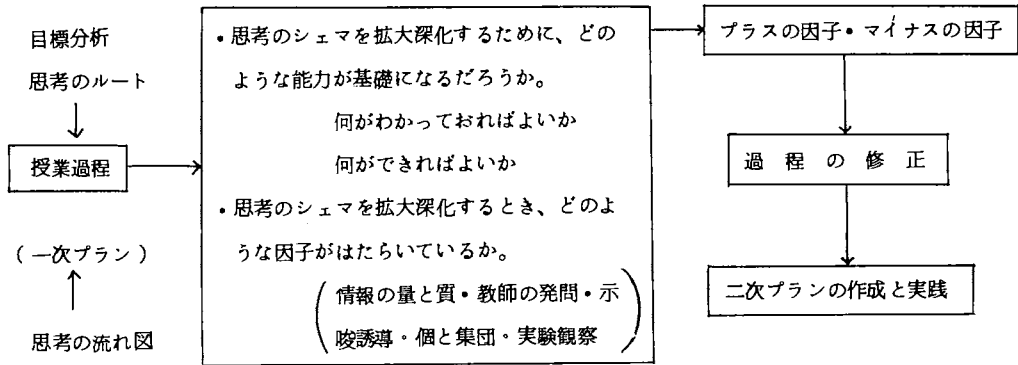
また、教師の側にたった思考のルートの想定と、思考の流れ図作成の試行を比べると、児童の側にたった思考の流れ図をもとにした授業設計では、キメの細かい、しかも弾力性のある指導案づくりができることを強く感じた。

④ 授業過程の構成

これまでの仕事で、一応教師と児童の、それぞれの側からみた授業過程のルートがきめられる。これらを柱にして授業過程が構成されるのであるが、具体的には、P. 9 と次節の事例を参照されたい。

2 授業分析のねらいと方法

授業分析は、① ～ ④ の手順で作られた授業過程を評価していくことである。しかし授業過程の評価といっても、「何のために」というねらいの定め方によって方法も異り、データー分析の視点も変わってくる。今年度理科グループは次のねらいをもって授業分析にとり組んだ。



(4 図) 授業分析のねらい

以上のことについて、有効なデーターを得るために次の表のようなチェックを試みた。

観 察 者 評 価	授 業 者 評 価	児 童 の 反 応
児童発言の有効度 実験操作中の児童の行為 (抽出児) 教師の発問・提示・誘導の有効度 実験観察の有効度 各段階の目標到達度	各段階の目標到達度 映像による児童の行為 テープによる発言内容	集団反応分析装置による反応 児童の記録 ・ (深化・転換・停滞・つまづき などのファクター ・ 思考の要素的内容、類型

観察者・授業者・児童の思考と行為の三者のチェックが総合されて、その段階における児童のわかり方から過程を見なおしていくのである。けれども、このようなチェックの項目は、1時限の中ですべて行なわれるのではなく、その授業研究のねらいに即した方法がとり入れられる。次に一例を述べてみる。（4年 重さの保存性 食塩のとけ方）

◎ 授業分析のねらい 帰納的方法で組み立てられた授業過程（一次プラン）で、溶解したものの重さの保存性がどのような形で認識されるか。

◎ 授業評価

観察者チェック

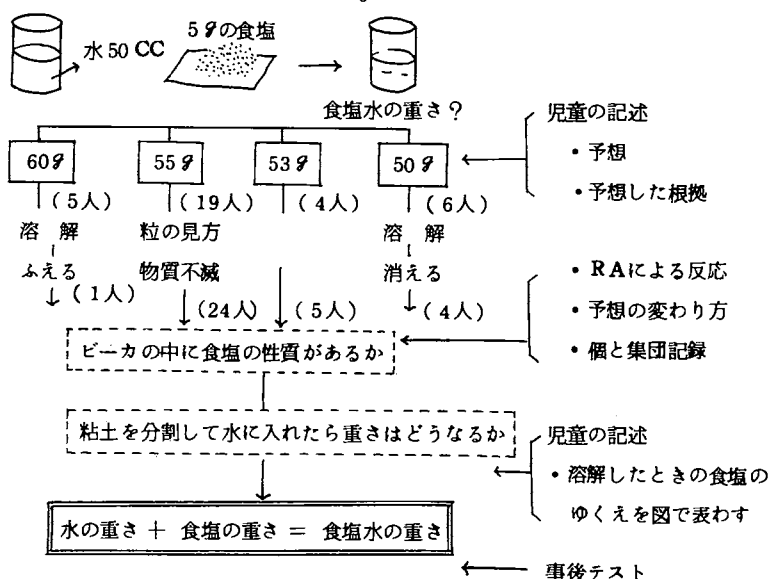
- ・課題意識
- ・提示の方法

観察者チェック

- ・発言の有効性
- ・発言の影響力
- ・思考の深まり

観察者チェック

- ・情報の有効度
- ・目標への到達度



◎ 評価結果の分析 （授業者評価も含めて）

・最初の予想が、話し合いの中で有効な変わり方を示さなかった。その理由として次のことが明らかである。

×実験して結果をみるまでは、どちらともいえない。――という考えが支配的になった。

×既有的知識・思いこみをくつがえすための（思考のシマを変化させる）発言・情報の有効性を欠いた。

×仮説をまとめる段階までに55gと考えられなかった児童は、学習にはいるとき必要な単位情報を欠いている者が多かった。

・固体が水に混じっている場合、全員が正しく重さの保存性を認識できるのに、溶解する物の場合、性質は水の中に残るといしながら、重さが失われると考える者が約30%いた。これは、事実の認識と思考の矛盾を示しているもので、これらの児童の認知の構造を明らかにして過程の修正をする必要がある。

・目に見えない現象を推論させる場合、児童の自由な発想がたいせつにされるにしても、児童がもつ思考の枠組が新たな情報を受容し統合して、連合メカニズムを形成できるかどうか再考しなければならない。

◎ 過程の修正 （二次プランの作成）

「50gの水に5gの食塩をとかすと、食塩水の重さは何gか」という課題が一次プランによる授業であった。ところが評価結果の分析によって、事実の認識と思考の流れの間に矛盾があって、正しい解決ができなかった児童があることがわかった。そこで、もっと適確に事実認識をさせ、発展的に解決思考をはたかせることができるよう学習過程を修正することにした。すなわち、「食塩が水に溶けて見えなくなったのに、なぜ重さが変わらないのか」という課題で、食塩の量や水の量を変えたり、砂糖やほうさんを使ったりした理由追求の学習・一般化の学習へと修正を加えたのである。この学習方向は、一次の帰納的な発見の過程と異なり、演進的な発見の過程を歩かせることになる。

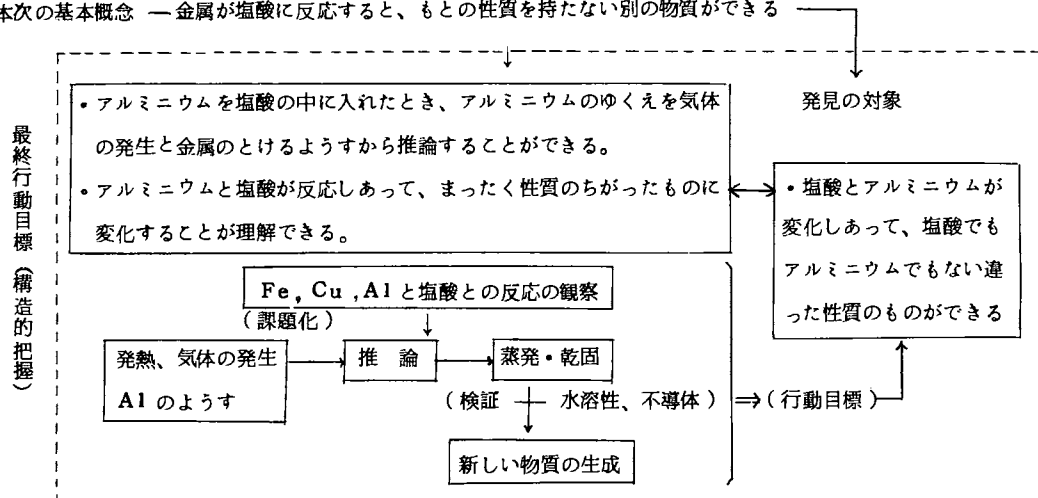
3 実践事例

6年「金属の変化」

この単元は、水溶液の変化の一連のものであり、酸性、アルカリ性の水溶液の中に金属を入れたとき、質変化する金属のゆくえを追求していく過程で、客観的な児童の変容をとらえたものが求められていかなければならない。すなわち、過程の再吟味や指導法について、教師の設定したプランと児童の内面にある思考の度合とが合致するような指導プランががつりださせるように、次のように本次を構成し、実践した。

1 目標の設定

本次の基本概念 — 金属が塩酸に反応すると、もとの性質を持たない別の物質ができる



2 指導計画

第 1 次 (8 時)

第 2 次 (4 時—本時 1.2 時)

金 属 の さ び	水 溶 液 に よ る 金 属 の 変 化
-----------	-----------------------

- ・ 赤さびのでき方と性質
- ・ 黒さびのでき方と性質

- ・ 水溶液に変化する金属と変化しない金属
- ・ 塩酸とアルミニウムによる変化

3 指導プランの構成の方法

教師がえがいたプランの中で、児童がどのように思考、変容していくかに焦点化し、数ヶ所の思考の関門を児童がどのように通過しているか、また、その結果から教師が期待する期待値とのズレを説明して、次のようにして指導プランを構成した。

① 第一次指導プランの作製

- 各学級から児童を抽出し、発問形式から思考の流れ図をつくり、一次プランとして設計し実施する（A組）

※抽出児童選出の方法

（知識先行の児童 1名 努力型児童 4名 非活動型児童 2名）

② 第二次指導プランの作製

- 第一次指導プランの実践後の実践記録や追跡調査から、教師の期待する各過程における思考の高まりと期待値とのズレをおさなう手だてを加え、修正プランとして設計し実践する（B組）

○ 思考の関門の設定

これらの指導プランの中に、児童の内面に持っている単位情報量やその結合度を知るために、次の三つの個所に思考の関門を設定した。そして、それらの関門を児童は、どのような形で通過したか、また、期待値とそれほどのズレが生じているか、教師はそのズレを補うために必要などんな手だてをなさなければならないか。それらを各指導プラン作製の重点とした。

・ 1つめの関門 「状態変化と質変化の違い」

塩酸にアルミニウムを入れた時の変化の観察が、一次仮説としてまとめる段階において、どれだけ「アルミニウムがとける」という状態变化的考え方から、質变化的見方にかわっているか。

・ 2つめの関門 「蒸発乾固実験後の解釈」

二次仮説設定段階におこなう実験、つまり、塩酸にとけているようなアルミニウムを蒸発乾固したときにできる「白いこな」と、もとのアルミニウムと比較して、どのような質変化の追求的な見方をしているか。

・ 3つめの関門 「検証実験後の課題に対する解釈」

「白いこな」ともとのアルミニウムを比較する実験をしたあと、発見の対象にどれだけせまることのできる質变化的解釈ができるか。

4 第一次指導プランによる展開とその考察

① 第一次指導プラン（抽出児より）と実践（A組）

課 程	思 考 の 流 れ	行 動 目 標
課 題 を と ら え る	<div style="text-align: center;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 0 auto; width: 80%;">塩酸にアルミニウムを入れた時の反応観察 (38名)</div> </div>	<ul style="list-style-type: none"> 塩酸の単位情報がまとめられる 多面的に観察することができる 変化を量的・時間的にとらえられる
	<div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 10px;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;">気体の発生 38名</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;">Alがとける 33名</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;">発熱する 34名</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;">Alの質変化の予想 6名</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;">液がとける 23名</div> </div>	

過程	思考の流れ	行動目標
<p>予想する</p> <p>(予想と予想した理由)</p> <p>仮説にたかめる(一次仮説)</p> <p>(二次仮説)</p>	<p>課題</p> <div data-bbox="352 363 843 407" style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;">塩酸にとけたアルミニウムはどうなったのだろうか</div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 20px;"> <div style="width: 22%;"> <p>とけてから気体となり、外に出たのだろうか。(13名)</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-top: 10px;"> <ul style="list-style-type: none"> 塩酸と CaCO_3 から CO_2 が発生した、 Al の表面からあわがでている とけた液の量がふえていない Al と塩酸から違った気体ができる 反応後は透明になった 気体があふれるほどでできた </div> </div> <div style="width: 22%;"> <p>塩酸の中へとけたのだろうか。(20名)</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-top: 10px;"> <ul style="list-style-type: none"> 塩酸は物によってとがす力がある NaCl が H_2O にとけるように 発熱する力でとがした とけると、にごっていたから Al は固体だから外に出ないで塩酸にとけこむ </div> </div> <div style="width: 22%;"> <p>塩酸とまざりあって別の物に変化したのだろうか。(4名)</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-top: 10px;"> <ul style="list-style-type: none"> CaCO_3 に塩酸を加えると CO_2 ができたように 塩酸の色が変化したから はじめはにごってその後透明になったから 熱でどろどろになっていたから </div> </div> <div style="width: 22%;"> <p>はっきりとわからない。(1名)</p> </div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 20px;"> <div style="width: 30%;"> <p>(11名)</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;">気体になって外に出た</div> </div> <div style="width: 30%;"> <p>(22名)</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;">塩酸の中へとけた</div> </div> <div style="width: 30%;"> <p>(5名)</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;">別の物に変化した</div> </div> </div> <div style="text-align: center; margin-top: 10px;"> <p>(実験一溶液の蒸発乾固)</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;">白いこなは何だろう</div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 10px;"> <div style="width: 30%;"> <p>(4名)</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <ul style="list-style-type: none"> 水素になった残りのかすだろう アルミのかすだろう </div> </div> <div style="width: 30%;"> <p>(16名)</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <ul style="list-style-type: none"> そのままアルミがでけたのだろうか NaCl を蒸発させたように </div> </div> <div style="width: 30%;"> <p>(18名)</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p>もとのアルミと色や手ざわりが違うので、性質の違う物になった</p> </div> </div> </div> <div style="margin-top: 20px;"> <p>たしかめの方法</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;">電流で調べる(30名)</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;">塩酸を入れる(24名)</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;">水にとがす(2名)</div> </div> </div>	<ul style="list-style-type: none"> 発熱やにごりの観案に注目して、予想することができる。 NaCl や H_3BO_3 のとけ方、O_2 や CO_2 の発生のさせ方などから Al のゆくえを考えることができる 状態変化ではなく質変化的理由づけの方向に考えることができる 観察時の発熱とにごり分フィードバックして質変化の原因を考えることができる 実験をもとに Al の変化を因果関係的に推論することができる もとの Al の性質をもっているかどうか検証の方法を考えることができる

過程	思考の流れ	行動目標
たしかめる	<div> <p>• とけたAlはH になりAlでないものができた (1名)</p> <p>AlはH になりあとにかすが残った。(1名)</p> </div> <div> <p>• 塩酸にとけたAlは、もとのものとは全く別のものになった。(12名)</p> <p>• とけたAlは別のものになり、その時、H₂ もできた (9名)</p> </div> <div> <p>AlとHClが変化しあって性質の違うものができた。(15名)+(23名)</p> </div>	<p>• 塩酸とAlが反応して、質変化したものであることを、各実験結果の共通性から因果関係的に整理することができる</p>

② 活動形態

本次における教師と児童の学習時における相互作用は次のとおりである。

T ÷ 0	観察	直観予想 (教師の活動)	方法と実験	各自実験
P > T	整備	理由発表	質変化実験	整理
P ÷ T			整理	
P < T				
P ÷ 0	問題	(児童の活動)		
形態	課題をとらえる	予想する	仮説にたかめる	たしかめる
過程	課題をとらえる	予想する	仮説にたかめる	たしかめる
	発展する			

(T=教師 P=児童)

③ 考察

第一次指導プランから、各過程にみることのできる児童の疑問・思考・解決の大体の様相は次のとおりである。

○課題をとらえる段階

現象の観察から、直観的な多様な考え方がでた。課題については、ほとんどの児童が疑問視していたことであり、課題そのものには抵抗はなかった。

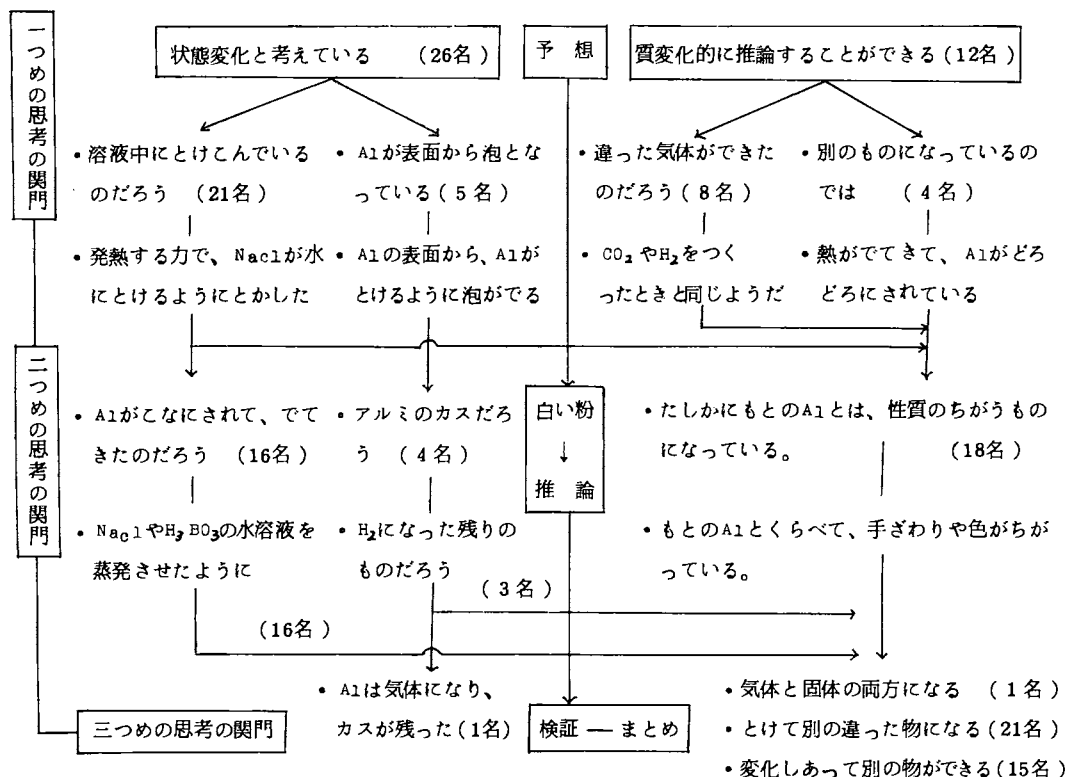
○予想する 仮説にたかめる段階

発生する気体の追求を次時にまわしたところに、表面では教師の敷かれたレール上に児童の思考の流れが沿っているようだが、実際には児童の内面に残っている気体の追求意欲とからんで、思考の変容をあまり見ることができなかった。

○たしかめる段階

検証後は、アルミニウムは気体になったのではなく、質変化して別の物質になったことを大体の児童は確認することができたが、まだ「塩酸にとけたアルミは……」とあるのは、途中の関門での働きかけに工夫がなかったからだろう。

④ 思考の関門を通過するようす



3つの思考の関門を通過するようすから、児童が質変化の方向へと思考・推論できるためには、次のようなことから、教師側からの手だてとして考えられる。

- (一つめの思考の関門) 塩酸は、塩化水素を水にとかしたものであることを児童は既知の知識としていが、アルミニウムを単体としてではなく、化合物的な考えで見ている児童が多い。それがズレを生じる原因にもなるだろう。あわせて、塩酸の分解から発生する水素の性質や補集法などを、一つめの思考の関門の中に位置づけるか、最初に取り扱うかして、追究のための基礎的能力として理解させておくべきだろう。
- 物が溶媒に溶けることと、全く別のものに变化させられることの区別がつきにくいことは、児童にとっては当然のことである。しかし、観察事項の「発熱」「にごる」「あわがふきでる」ことなどから以後の思考・推論ができる方向へ、児童の予想した理由の発表時に、教師側から児童が焦点化できるように手だてをほどかさなければならない。
- (二つめの思考の関門) 蒸発乾固してえられた「白いこな」を観察した時、状態変化と思考していた児童は、アルミニウムが粉にされてでてきたと考えやすい。しかし、「手ざわり」や「色つや」などから「ほんとうにもとのアルミニウムであるかどうか」を疑問をもたせ、あわせて、最初の観察時にフィールドバックさせながら推論していくような教師側からの手だてがあれば、児童の内面にある単位情報の結びつきを引きおこさせることになるだろう。
- (三つめの思考の関門) 3つの検証実験から、アルミニウムの質変化をまとめることができる。しかし、状態変化的な質変化のまとめ方ではなく、課題化の時の考え方と、たしかめの時の推論の違いを児童にわからせ、質変化としてのまとめができるように働きかけてもよいだろう。

5 第2次指導プランによる展開とその考察

1次プランによる実践後おこなった追跡調査の結果は、次のとおりである。

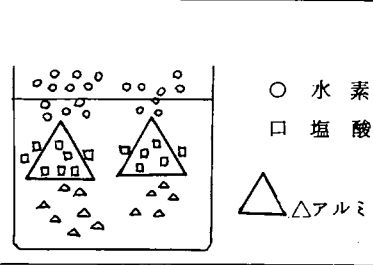
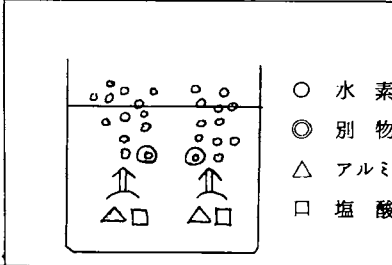
	(できた)	(あまりできない)
① 金属と水溶液によって変化することを観察できたか。-----	90 %	10 %
② 金属の違いや水溶液の違いによる変化の違いを比較できたか-----	82	18
③ 発生した気体について追求することができたか-----	94	6
④ 状態変化と化学変化の区別ができたか-----	75	25
⑤ 発見の対象を確実に知識化することができたか-----	84	16

この追跡調査からの児童の理解度を基準にして、過程の修正を試みた。

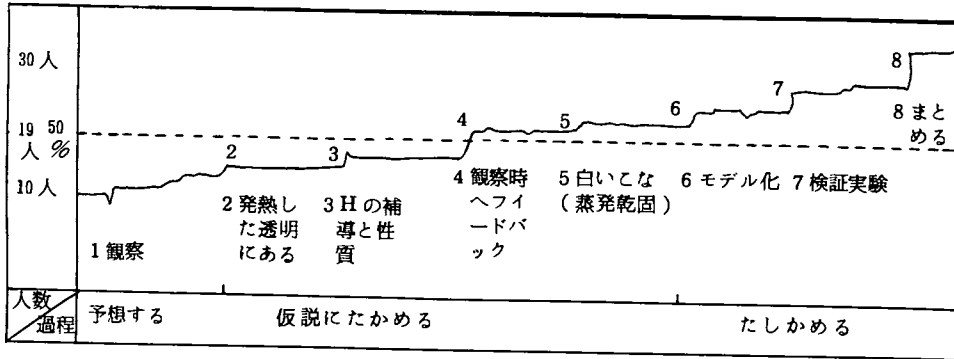
① 第二次指導プランの実践（6年B組 39名）

「塩酸にアルミニウムを入れたときの反応の観察」「課題化する」「予想する」各段階は、ほとんど一次プランとかわりがないため、ここでは省略し、本過程の中核である「3つの思考の関門」を「児童はどのような型で通過しているか」また、その関門での「教師のはたらきかけ」を中心に記述する。

思考の関門 教師のはたらきかけ	状態变化的な思考をする児童	質变化的な思考をする児童
○ 1つめの思考の関門	(28名)	
	<ul style="list-style-type: none"> ・ A1のまわりから気体ができる (5名) ・ 強い薬品であるから (2名) ・ にごってから透明になった (21名) 	<ul style="list-style-type: none"> ・ A1がMnO_2のような働きをする (5名) ・ 塩酸がものすごく発熱していた (3名) ・ CO_2を作ったときと同じようだ (4名)
・ 予想した理由の発表 後結果 (T≦O)	↓ (25名)	↓ (14名)
	(「でできた気体は何であるか」の疑問が提出された)	
	<ul style="list-style-type: none"> ・ A1であるとすれば、塩酸にかかされて粉にされ蒸発させられたのだ。 ・ A1でないとすれば、A1は塩酸中にとけてこんでいるか、別のものになっているかだ。 	
・ 気体の補集の方法と 性質を調べたあと	↓ (22名)	↓ (17名)
・ とけてこんでいるとど うして見えるか	↓	↓
・ 別のものにかわって いるらしいとどうし て見えるか (P>T)	↓	↓
・ 観察したときをふり 返って考えなおして みよう (P≦T)	↓	↓
この結果	(19名)	(20名)

思考の関門 教師のはたらきかけ	状態変化的な思考する児童	質変化的な思考をする児童
<p>• 2 つめの思考の関門 問題提示</p> <p>• もとのA1とくらべてどうか (P=0)</p> <p>• このような例としてどのようなものがあったか (P>T)</p> <p>• もとのA1とくらべると手ざわりや色が違うようだが、どうしてこのようなものになったと考えられるかを記号などを使って図示できるか (T=0)</p> <p>• 3 つめの思考の関門</p> <p>• もとのA1と同じであるか調べることができるか</p> <p>• 実験の結果からどんなことがいえるかまとめてみよう (T≠0)</p> <p>• 実験の結果について変化したら原因とその結果からまとめ整理してみよう (T≠P)</p>	<p>蒸発乾固後</p> <p>問 題</p> <div data-bbox="615 349 888 401" style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;">この白いこなは何だろうか</div> <div data-bbox="468 450 997 498" style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;">もとのA1と手ざわりや、色つやでくらべてみたらよい</div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 10px;"> <div style="text-align: center;"> <p>↓</p> <p>(15名)</p> <p>(互いに変化しないで形がかわっているだけのもの)</p> <ul style="list-style-type: none"> • ホウ酸、さとう、食塩などを水や湯にかしてから、蒸発させてから残ったものの形をくらべてみる </div> <div style="text-align: center;"> <p>↓</p> <p>(24名)</p> <p>(両方のものが互いに変化しあって質の違う物ができる)</p> <ul style="list-style-type: none"> • NaClとCaCO₃でCO₂ができる • 金属がさびるとき、水・空気・熱が関係して質が変わる • CO₂は石灰水を白くにごらせる </div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 20px;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 10px; width: 45%;">  </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 10px; width: 45%;">  </div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 10px;"> <div style="text-align: center;"> <p>↓</p> <p>(12名)</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>↓</p> <p>(27名)</p> </div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 10px;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: 30%;"> <p>電流を通すかどうか (36名)</p> </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: 30%;"> <p>HClを入れてH₂がでるか (28名)</p> </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: 30%;"> <p>H₂Oにとふるか (4名)</p> </div> </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 10px; margin-top: 10px;"> <p>• HClにとけたA1が、もとのA1とはちがうものになった。 (9名)</p> <p>• HClとA1が変化しあって、別のものになり、その時、HClからH₂もでてきた (24名)</p> <p>• A1はHClにとけるのではなく、まざりあって性質のまったくちがうものができる。 (6名)</p> </div> <p style="margin-top: 10px;">(原因) • HClの性質 • 発熱する • 液がにごる • 水素が塩酸からでる</p> <p style="margin-top: 5px;">(結果) • A1はHClにとけてむのではない • HClもちがうものになる</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 10px; margin-top: 10px; text-align: center;"> <p>↓</p> <p>塩酸とアルミニウムが変化しあって、塩酸でもアルミニウムでもない性質の違ったものができる</p> </div>	

② 授業記録（集団反応装置を用いて、質変化の思考の移りかわりを記録したもの）



③ 授業後の児童の関心

○プラスの要因と考えられること（さらに調べてみたいことを中心に）

定量化	塩酸のこさをうすくしたりこくしたりすると、水素のでかたはどのようにかわるか	67%
	こさをきめておき、塩酸の量をかえると、水素のでる量はどれだけか	54
	塩酸のこさと、量をきめておいたとき、アルミニウムはどれだけとけるか	82
	アルミニウムの大きさをかえていったとき、水素のでかたはどのようにかわっていくか	6
質変化	ほかの薬品を使って、アルミニウムと塩酸のような変化をさせるものを調べたい	18
	アルミニウムのほかに、変化させられる金属にどんなものがあるか	21
	塩酸とアルミニウムが変化しあったとき、どのようなものができているのか	19
	アルカリ性の溶液と金属の変化のようすをくらべてみたい	38
	塩酸では変化しなかった銅を変化させるものにどんなものがあるか	68

○マイナスの要因と考えられること（わかりにくかったことなど）

実験	蒸発させたとき、とけているのではないのに白いこながでてきたこと	8
	白いこなは、アルミニウムからかわったものであるのに水にとけること	12
	塩酸もアルミニウムも電気を通すのに、白いこなは電気を通さないこと	9
質変化	「とける」と「ほかのものに変わる」ことのちがい	12
	水素がでてくるわけ	26
	水素がアルミニウムの表面からだけでいること	11
	塩酸と鉄はゆっくりとした変化で、銅ではまったく水素がでてこないこと	74

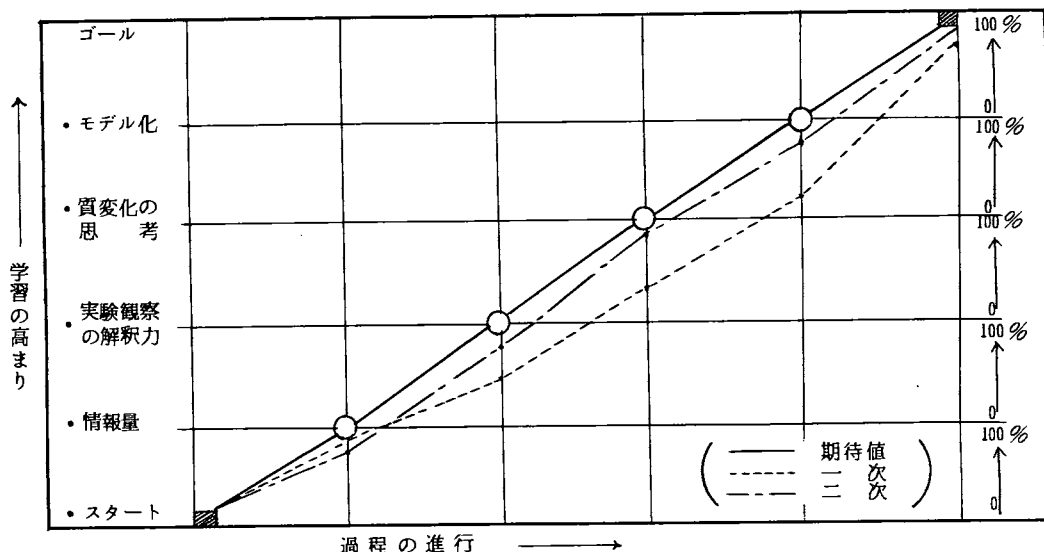
④ 考 察

一次プラン後の追跡調査の結果からもわかるように、二次プランでは、状態変化と質変化の区別を児童ができるように授業を構成した。次頁の「学習の高まり」の期待値と授業の実際値とのズレが一次より僅少になったことから、そのことがいえそうだ。

一つめの思考の関門時に水素の性質の実験を取り入れ、Alんはないということ、さらに実験後、観察時へフィードバックして推論の転換したこと。二つめの思考の関門では、状態変化と質変化の区別と先行経験の掘り起こしをして、さらにモデル化から再推論したことなど。これらは一次プランでは児童の思考の過程の中に「何となくあったもの」を二次プラン中でインプットサイドからの手だてとしたところに、ズレを大から小にすることのできた原因がひそんでいるといえそうだ。

5 授業の期待値と深まりの度合

一次プラン、二次プランによる授業過程における思考の深まりのようすを、高まりをタテ抽に、過程の進行をヨコ抽にとって、次の図のように表わしてみた。



6 発見過程の見なおしと指導法の改善

一次プラン、二次プランによる授業分析の結果から、最適な学習過程をめざす一ステップとして、次のようなことがらが考えられる。

- 抽出児童から得られる思考の流れと教師の設計した思考の流れとは、必ず一致するものではない。さらに、追跡調査からねり直された二次プランにおいても、アウトプットからみればズレが生じてくる。しかし、そのズレをうめるものとして過程の中の柔軟さが考えられる。一次プランのように $(P > T)$ 、 $(T \div O)$ が多いが、二次プランではところどころに $(T \div P)$ の学習形態をとったことが、児童が主体的に推論するプラスになったと考えられる。
- 本次では、検証段階は $(T \div O)$ の学習形態をとった。しかし、日常「科学の方法での訓練」が徹底しておれば、仮説から検証にいたるまで自由に発見させ、概念にせまることも実際に可能であろう。
- 行動目標から子どものかわり方を的確にチェックすることができる。そのチェックから目標の妥当性や、それに迫る児童の思考活動をとらえ、そのデーターを授業設計へフィードバックして、学習過程の見なおしをしていきたい。

4 発見の過程の見なおし (今後の研究課題)

今年度の研究は、これまでの研究を基礎にしているわけであるが、児童の側に視点を移した実践研究を主体にしたことと、研究期間が短かったことなどから主題に対する研究方法の検討と過程を見なおす観点をあげるだけに終わった。しかし、今年度のあゆみは、これからの研究への仮説をもつという意義はあったと思う。次に述べることは、授業分析を通して得られた今後の研究課題である。

1 児童の思考のしかたから見た教材群のとらえ方

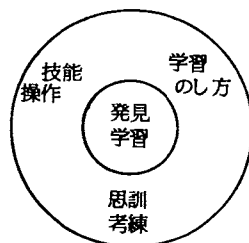
理科の研究といえば一般的に、生物とか、物質とエネルギー、地球と宇宙といった指導要領に示された領域別のとらえ方や、学問体系からみた領域にまとめられていた。わたしたちも同じことであった。しかし、今年度児童の側にたつて、児童の思考の内面から、発見の好ましい過程をみつめると、領域にこだわることなく、思考過程に沿った教材の類型を考える必要があると思われる。

たとえば、今年度とりあげた目に見えないものを追究する学習では、推論が大きくなはたらきをしていくことになり、推論することを抜きにして学習が成立しない。また、測定をしてデータを解釈しながら論理を組み立てていく教材、観察によって得た事実をもとにモデルをつかって一般化していく教材など多くの例をあげることができる。これらは、科学の方法といわれている。推論・測定・データの解釈---などを教材の特性と結び、そこから共通しているもので類型化し、それに応じた発見の過程と、そこにはたらく能力を構造化してみたらという提案である。

2 集中的・効果的な発見学習

授業分析で浮かびあがった最も大きな示唆は、児童が思考を深めるのに必要な基盤の薄さ、技能操作の未熟な点である。わたしたちは、教師の意図と児童のわかり方のズレを見つけ出し、その原因を探り出そうとしてきた。そこでわかったことは、知識として理解していても、場面に適用する力、事象の全体的把握、新しい疑問をもつなど、発見的行為に欠くことのできない要因がじゅうぶんでないことであった。このことは、すべての児童というわけではないが、学級集団の中で多くの児童にその傾向がみられた。

こうした卒直なデータを目の前にしたわたしたちは、指導のまずきを反省するとともに、このデータの対応策を考え実践に移していきたいと思うのである。それは、多くの教材は発見学習でやれるという考え方から脱却して、再適な教材に、ゆっくり時間をかけて効果的に学習させたらという考えである。これまで、発見学習を説明するとき二重円をつかい、理科はその中心に位置づくといってきたが、理科においても、二重円の外側と内側の学習を考えてみる必要がある。図に示したように、発見学習は、訓練され熟練した思考操作や技能・学習のし方によって支えられていることは明らかである。外側の円は、日常の学習訓練を含めた学習活動であり、内円の発見学習は、かなりひとりだちに近い形で行なわれる学習になろう。



3 学習過程の再吟味

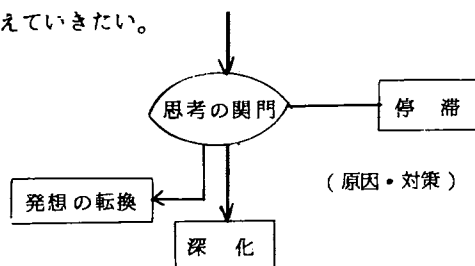
授業分析の結果が、わたしたちに示唆したもう一つの点は、学習過程の柔軟さに対する指摘である。これは、次のようなデータの解釈からいえる。

① 思考の深まりを、帰納と演えきの組み合わせから。

学級の大半の児童が同じ予想（正の予想）をもつとき、あえて帰納的な過程をとると児童の意識が半減され鋭さを失う。そのようなとき、過程を変えて学習させる柔軟な計画をもち「なぜ、そうなるのか調べよ」といった演えきの方向の学習も考えていきたい。

② 反応チェックの一般化と指導の柔軟性

思考の関門を通過する児童の姿は、深化・転換・停滞のどれかに属する。教師が、これらの児童の変わり方を簡便な方法で即時にとらえ、ただちに指導を加えられる合理的方法を研究し、柔軟な指導をめざしていきたい。



③ 授業の中で、児童にまかせるところがあってもよい

発見——制御の学習形態は、単元計画における位置づけだけでなく、1時限の授業の中にも、小刻みではあるが考慮する余地がある。1時限の授業の中で、ここは教師がしっかりおさえておくところ、ここは児童にまかせて学習をすすめるところといった、それぞれのセクトを明らかにすることは、学習への関心・ひとりだちへの意欲・方法のくふう・個別化などにプラスになる面が多いと思われる。このような場面はどこがよいかは今後の研究をまつとして、授業設計において、内容の物さしと活動形態の物さしを座標的考え方で組み合わせるとき、その可能性が大となるだろう。

④ 個別に探究させる時間を

一斉学習のあとで、問題別・関心別・能力別に個別に研究させる時間を設けたらどうだろうか。学習過程に沿った学習が終わった段階では、すべての児童が同じ能力に達しているとは言えない。広岡亮蔵氏がいうように、定着・習熟の学習を必要とする児童、発展問題にとり組ませたらよい児童など、いろいろなタイプが考えられる。わたしたちが児童のかわり方をとらえるというのも、こうした個別化への道を想定したものであり、今後研究したいことの一つである。

以上述べたことは、授業分析から得たものを問題としてあげたにすぎない。これらは、今後のわたしたちの研究の課題になってくることは確かである。今年度は、まことにさきやかであったが研究方法とわたしたちの仮説を提案したわけである。

文中の（注1）～（注4）は、金沢大学の水越敏行先生の論稿の一部引用と、山崎 豊・水越敏行先生を中心とする小・中・高校理科指導法研究会の研究成果を参考にした。